

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07104137 A**(43) Date of publication of application: **21 . 04 . 95**

(51) Int. Cl.

G02B 6/122
H04B 10/02
H04B 10/18

(21) Application number: **05246919**(22) Date of filing: **01 . 10 . 93**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**

(72) Inventor: **SUZUKI SENTA**
OKAMOTO KATSUNARI
TAKIGUCHI KOICHI

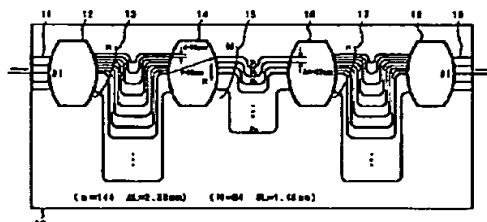
(54) OPTICAL DISPERSION EQUALIZING CIRCUIT**(57) Abstract:**

PURPOSE: To shape the waveforms of light signals subjected to distortion by propagating in optical fibers having dispersion in the form of the light signals as it is without converting the light signals to electric signals with the optical dispersion equalizing circuit for shaping the waveforms of the light signals.

CONSTITUTION: This optical dispersion equalizing circuit has at least one piece of input waveguides 11, a first slab waveguide 13, a first waveguide array 13 consisting of plural pieces of waveguides having the prescribed waveguide length differences increasing successively, a second slab waveguide 14, a first array waveguide diffraction grating having a structure obtd. by successively connecting plural pieces of output waveguides, a second array waveguide diffraction grating having the similar structure and a second waveguide array 15 consisting of plural pieces of the waveguides having the successively increasing waveguide length differences to apply prescribed delay time and connecting the output waveguides of the first array waveguide diffraction grating and the output waveguides of the second array waveguide diffraction grating. The light signals are inputted to the input waveguides 11 of the first array waveguide diffraction grating and the

light signals are outputted from the input waveguides 19 of the second array waveguide diffraction grating.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



Best Available Copy

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 7 - 1 0 4 1 3 7

(43)公開日 平成7年(1995)4月21日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
G 0 2 B	6/122				
H 0 4 B	10/02				
	10/18				
		9412- 2 K	G 0 2 B	6/12	A
		9372- 5 K	H 0 4 B	9/00	M
審査請求	未請求	請求項の数 7	O L		(全 1 2 頁)

(21)出願番号 特願平5-246919

(22)出願日 平成5年(1993)10月1日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 鈴木 扇太

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 岡本 勝就

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 瀧口 浩一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

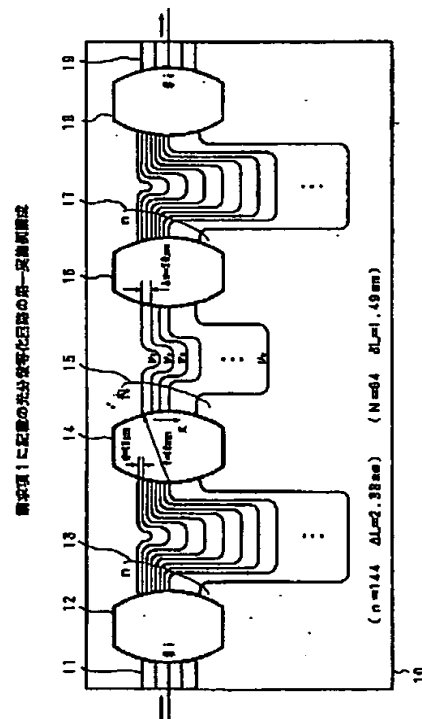
(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

(54)【発明の名称】 光分散等化回路

(57)【要約】

【目的】 分散を有する光ファイバを伝搬して歪みを受けた光信号の波形整形を行う光分散等化回路に関し、光信号を電気信号に変換することなく光信号のままで波形整形することを目的とする。

【構成】 少なくとも1本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造の第1のアレイ導波路回折格子および同様の構造の第2のアレイ導波路回折格子と、所定の遅延時間を与える導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなり、第1のアレイ導波路回折格子の出力導波路と第2のアレイ導波路回折格子の出力導波路を接続する第2の導波路アレイとを備え、第1のアレイ導波路回折格子の入力導波路に光信号を入力し、第2のアレイ導波路回折格子の入力導波路から光信号を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造の第1のアレイ導波路回折格子および同様の構造の第2のアレイ導波路回折格子と、

所定の遅延時間を与える導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなり、前記第1のアレイ導波路回折格子の出力導波路と前記第2のアレイ導波路回折格子の出力導波路を接続する第2の導波路アレイとを備え、前記第1のアレイ導波路回折格子の入力導波路に光信号を入力し、前記第2のアレイ導波路回折格子の入力導波路から光信号を出力することを特徴とする光分散等化回路。

【請求項2】 少なくとも1本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造のアレイ導波路回折格子と、

所定の遅延時間を与える導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなり、その一端を前記アレイ導波路回折格子の出力導波路に接続した第2の導波路アレイと、前記第2の導波路アレイの他端から出射される光を折り返す高反射率終端と、

前記アレイ導波路回折格子の入力導波路に入力する光信号と入力導波路から出力される光信号の分岐を行う光サークキュレータとを備えたことを特徴とする光分散等化回路。

【請求項3】 複数本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造のアレイ導波路回折格子と、

所定の遅延時間を与える導波路長差で順次または2本単位に長くなる複数本の導波路からなり、その一端を前記アレイ導波路回折格子の出力導波路に接続し、その他端で隣接する2本の導波路同士を接続した第2の導波路アレイとを備え、

前記アレイ導波路回折格子の所定の入力導波路に光信号を入力し、その入力導波路に隣接する入力導波路から光信号を出力することを特徴とする光分散等化回路。

【請求項4】 複数本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造のアレイ導波路回折格子と、

複数本の導波路からなり、その一端をアレイ導波路回折格子の出力導波路に接続し、その他端で隣接する2本の導波路同士を接続した第2の導波路アレイとを有する第

1の光導波回路および同様の構成の第2の光導波回路を備え、

前記第1の光導波回路の第2の導波路アレイおよび第2の光導波回路の第2の導波路アレイの各導波路を上から順番に組としたときに、各導波路を所定の遅延時間を与える導波路長差で1組または2組単位に長くする構成とし、

前記第1の光導波回路の入力導波路のうち光信号を入力する所定の入力導波路の両側の2本の導波路と、前記第2の光導波回路の入力導波路のうち光信号を出力する所定の入力導波路の両側の2本の導波路とを相互に接続したことを特徴とする光分散等化回路。

【請求項5】 複数本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造のアレイ導波路回折格子と、

複数本の導波路からなり、その一端を前記アレイ導波路回折格子の出力導波路に接続し、その他端で隣接する2本の導波路同士を接続した第2の導波路アレイとを備え、

前記第2の導波路アレイの複数本の導波路を半数ずつ2分し、それぞれ上から順番に組としたときに、各導波路を所定の遅延時間を与える導波路長差で1組または2組単位に長くする構成とし、

前記入力導波路のうち光信号を入出力する所定の2本の導波路に対して、それぞれ両側に配置される2本の導波路同士を接続したことを特徴とする光分散等化回路。

【請求項6】 請求項3ないし請求項5のいずれかに記載の光分散等化回路において、第2の導波路アレイは、隣接する2本の導波路同士を結合率50%の方向性結合器と高反射率終端を用いて接続した構成であることを特徴とする光分散等化回路。

【請求項7】 請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の光分散等化回路において、複数個のスラブ導波路を1つのスラブ導波路で共用した構成であることを特徴とする光分散等化回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、分散を有する光ファイバを伝搬して歪みを受けた光信号の波形整形を行う光分散等化回路に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、一般に使用されている光ファイバ（石英ファイバ）は波長 $1.3\mu\text{m}$ で零分散となり、波長 $1.55\mu\text{m}$ で損失が最低になる特性を有している。この光ファイバに波長 $1.55\mu\text{m}$ の光信号を入射すると、光ファイバの分散が零にならないために光信号周波数（変調周波数） f が高くなるにつれて伝搬遅延時間 τ が小さくなる（伝搬速度が速くなる）。すなわち、この光ファイバ

を伝搬する光信号は、光信号パルス内のわずかな周波数差（波長差）により、伝搬速度の相違から到着時間に差が生じて光信号パルスが歪む。この歪みが大きくなると、光ファイバの伝送容量あるいは伝送距離が制限されることになる。

【0003】そこで、分散を有する光ファイバを伝搬して歪みを受けた光信号を波形整形する光分散等化回路が用いられる。従来の光分散等化回路としては、光信号を電気信号に変換して使用するマイクロ波ストリップラインが知られている。その構造は、図14に示すように、誘電体91とその両面に接合される金属導体92、93である。ここで、ストリップラインの長さを L とする。伝搬遅延時間 τ は、図15に示すように、信号周波数 f が高くなるにつれて大きくなる（伝搬速度が遅くなる）。また、ストリップラインの長さ L に応じてその割合が大きくなる。

【0004】このように、伝搬遅延特性はマイクロ波ストリップラインと光ファイバとは逆になる。したがって、分散を有する光ファイバを伝搬した光信号は、電気信号に変換した後に、分散および光ファイバ長に対応する長さ L のマイクロ波ストリップラインを通すことにより、光ファイバにおける分散の影響を相殺することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の光分散等化回路を有する光伝送システムでは、波形整形するために光信号を一旦電気信号に変換する必要があり、全光中継を行うことができなかった。さらに、信号周波数 f が高くなるとストリップラインの導体損失が増加するために、光信号の波形整形を行っても光ファイバの伝送容量と伝送距離を共に高めることは困難であった。

【0006】本発明は、分散を有する光ファイバを伝搬して歪みを受けた光信号を電気信号に変換することなく光信号のまま波形整形することができ、かつ大容量・長距離光通信に適した光分散等化回路を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の光分散等化回路は、少なくとも1本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造の第1のアレイ導波路回折格子および同様の構造の第2のアレイ導波路回折格子と、所定の遅延時間を与える導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなり、第1のアレイ導波路回折格子の出力導波路と第2のアレイ導波路回折格子の出力導波路を接続する第2の導波路アレイとを備え、第1のアレイ導波路回折格子の入力導波路に光信号を入力し、第2のアレイ導波路回折格子の入力導波路から光信号を出力する。

【0008】請求項2に記載の光分散等化回路は、同様のアレイ導波路回折格子と、所定の遅延時間を与える導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなり、その一端をアレイ導波路回折格子の出力導波路に接続した第2の導波路アレイと、第2の導波路アレイの他端から出射される光を折り返す高反射率終端と、アレイ導波路回折格子の入力導波路に入力する光信号と入力導波路から出力される光信号の分岐を行う光サーキュレータとを備える。

10 【0009】請求項3に記載の光分散等化回路は、複数本の入力導波路、第1のスラブ導波路、所定の導波路長差で順次長くなる複数本の導波路からなる第1の導波路アレイ、第2のスラブ導波路、複数本の出力導波路を順次接続した構造のアレイ導波路回折格子と、所定の遅延時間を与える導波路長差で順次または2本単位に長くなる複数本の導波路からなり、その一端をアレイ導波路回折格子の出力導波路に接続し、その他端で隣接する2本の導波路同士を接続した第2の導波路アレイとを備え、アレイ導波路回折格子の所定の入力導波路に光信号を入力し、その入力導波路に隣接する入力導波路から光信号を出力する。

20 【0010】請求項4に記載の光分散等化回路は、同様のアレイ導波路回折格子と、同様の第2の導波路アレイとを有する第1の光導波回路および同様の構成の第2の光導波回路を備え、第1の光導波回路の第2の導波路アレイおよび第2の光導波回路の第2の導波路アレイの各導波路を上から順番に組としたときに、各導波路を所定の遅延時間を与える導波路長差で1組または2組単位に長くする構成とし、第1の光導波回路の入力導波路のうち光信号を入力する所定の入力導波路の両側の2本の導波路と、第2の光導波回路の入力導波路のうち光信号を出力する所定の入力導波路の両側の2本の導波路とを相互に接続する。

30 【0011】請求項5に記載の光分散等化回路は、同様のアレイ導波路回折格子と、同様の第2の導波路アレイとを備え、第2の導波路アレイの複数本の導波路を半数ずつ2分し、それぞれ上から順番に組としたときに、各導波路を所定の遅延時間を与える導波路長差で1組または2組単位に長くする構成とし、入力導波路のうち光信号を入出力する所定の2本の導波路に対して、それぞれ両側に配置される2本の導波路同士を接続する。

40 【0012】請求項6に記載の光分散等化回路は、請求項3ないし請求項5のいずれかに記載の光分散等化回路において、第2の導波路アレイは、隣接する2本の導波路同士を結合率50%の方向性結合器と高反射率終端を用いて接続する。

50 【0013】請求項7に記載の光分散等化回路は、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の光分散等化回路において、複数個のスラブ導波路を1つのスラブ導波路で共用した構成である。

【0014】

【作用】第1のアレイ導波路回折格子では、入力導波路から入力された光信号を各周波数の光に分波し、複数の出力導波路から第2の導波路アレイに導く。第2の導波路アレイでは、各周波数の光にそれぞれ対応する遅延時間を与えて第2のアレイ導波路回折格子に導く。第2のアレイ導波路回折格子では、複数の出力導波路から入力された各周波数の光を1本の出力導波路に合波し、もとの光信号に復元して出力する。

【0015】ここで、第1および第2のアレイ導波路回折格子の分波（合波）特性と、第2の導波路アレイの導波路長差を所定の遅延時間を与えるように設定することにより、任意の伝搬遅延特性を実現することができる。これにより、光信号を電気信号に変換することなく光信号の波形整形が可能となり、光ファイバの分散を相殺する光分散等化回路を実現することができる。

【0016】なお、請求項2～請求項5に記載の光分散等化回路では、第2の導波路アレイを折り返し構成としたものであり、第1のアレイ導波路回折格子と第2のアレイ導波路回折格子を共用する構成になっている。

【0017】そのために、請求項2に記載の光分散等化回路では、光信号の入出力導波路が同一になるので、光サーキュレータを用いて入出力光信号の分離が行われる。請求項3に記載の光分散等化回路では、光信号の入力導波路の両側の導波路に波形整形された光信号を出力させることができる。ただし、両導波路に出力光信号のパワーが2分されることになる。

【0018】請求項4に記載の光分散等化回路では、2つの光導波回路を用いることにより2分された出力光信号を再度1つの光信号に合波することができる。このとき、各周波数の光に所定の遅延時間を与える第2の導波路アレイが2つ設置される。この2つの第2の導波路アレイの各導波路を上から順番に組として遅延時間を設定することにより、その一方のみで所定の伝搬遅延特性を実現することもできるし、両方を合わせて所定の伝搬遅延特性を実現することもできる。

【0019】請求項5に記載の光分散等化回路では、2つの光導波回路の第1のスラブ導波路同士および第2のスラブ導波路同士をそれぞれ1つのスラブ導波路で実現した構成である。

【0020】

【実施例】図1は、請求項1に記載の光分散等化回路の第一実施例構成を示す。図において、本実施例の光分散等化回路は、基板10上に形成した複数の入力導波路11、スラブ導波路12、導波路長差 ΔL を有する n 本の*

$$\frac{dx}{d\nu} = \frac{f m}{n_s d c} \lambda^2$$

【0025】と表すことができる。所定の光周波数間隔 $\Delta\nu$ ごとに分波された光は、図に示すように、光周波数

*導波路からなる導波路アレイ13、スラブ導波路14、導波路長差 δL を有する N 本の導波路からなる導波路アレイ15、スラブ導波路16、導波路長差 ΔL を有する n 本の導波路からなる導波路アレイ17、スラブ導波路18、複数の出力導波路19を順次接続した構成である。ここで、入力導波路11から導波路アレイ15までが第1のアレイ導波路回折格子に対応し、導波路アレイ15から出力導波路19までが第2のアレイ導波路回折格子に対応し、導波路アレイ15が第2の導波路アレイに対応する。なお、第1のアレイ導波路回折格子と第2のアレイ導波路回折格子は、導波路アレイ15を介して対称に配置されており、第2のアレイ導波路回折格子における入力導波路をここでは出力導波路19としている。

【0021】本実施例の光分散等化回路は、例えば基板10にシリコン基板を用いた場合には、火炎堆積法と反応性イオンエッチング法の組み合わせにより、各導波路（コア寸法 $6.5 \times 6.5 \mu\text{m}$ 、比屈折率差0.75%）を作製することができる。

【0022】以下、本実施例の構成を基に、本発明の光分散等化回路の動作原理について説明する。#iの入力導波路11から入射した光信号は、スラブ導波路12において回折により広がり、その回折面と垂直に配置された導波路アレイ13に導かれる。導波路アレイ13は、各導波路が導波路長差 ΔL で順次長くなっているため、各導波路を伝搬してスラブ導波路14に到達した光には導波路長差 ΔL に対応する位相差が生じている。この位相差は光周波数により異なるため、スラブ導波路14のレンズ効果で導波路アレイ15の入力端に集光する際に、光周波数ごとに異なる位置に集光することになる。すなわち、以上の構成からなる第1のアレイ導波路回折格子では、入力導波路11から入力された光信号を各周波数の光に分波し、導波路アレイ15の各導波路に導く光分波器として動作する。

【0023】導波路アレイ15の入力端における集光位置ずれの光周波数依存性は、集光位置を x 、光周波数を ν 、光波長を λ 、スラブ導波路のレンズ焦点距離を f 、回折次数を m 、スラブ導波路の実効屈折率を n_s 、導波路の実効屈折率を n_c 、スラブ導波路14の接続点における導波路アレイ13の導波路ピッチを d 、真中の入力導波路11から入力した光信号が導波路アレイ15の真中に分波される中心波長を λ_0 、真空中の光速を c とすると、

【0024】

【数1】

$$\text{ただし、} m = \frac{n_c \Delta L}{\lambda_0}$$

の小さい順に $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_n$ のように並んで導波路アレイ15を伝搬する。

【0026】導波路アレイ15は、各導波路が導波路長差 δL で順次長くなっているため、周波数が高い光ほど長い導波路を伝搬して大きな遅延が与えられることになる。すなわち、N本の導波路からなる導波路アレイ15において、遅延を与える光周波数範囲Wおよび最大遅延時間 τ は、

【0027】

【数2】

$$W = \Delta \nu (N - 1)$$

$$\tau = \frac{\delta L n_c (N - 1)}{c}$$

【0028】で与えられる。このようにして、光周波数ごとに分けられてそれぞれ所定の遅延時間を与えられた光は、スラブ導波路16、導波路アレイ17およびスラブ導波路18からなる第2のアレイ導波路回折格子に入力される。第2のアレイ導波路回折格子は、第1のアレイ導波路回折格子と逆に光合波器として動作し、各周波数の光は*i*の出力導波路19に集光する。

【0029】以上説明したように、本発明の光分散等化回路では、第1のアレイ導波路回折格子で分波された各周波数の光に対して、導波路アレイ15で周波数が高い光ほど大きな遅延を与えることができる。すなわち、1.3 μ m零分散光ファイバに、1.55 μ mの光信号を伝搬させた場合と逆の伝搬遅延特性を実現することができる。これにより、光信号を電気信号に変換することなく光信号の波形整形が可能となり、光ファイバの分散を相殺することができる。

【0030】本実施例の光分散等化回路では、 $f = 16$ m、 $d = 10 \mu$ m、 $m = 2222$ 、 $\Delta L = 2.38$ mm、 $n = 144$ 、スラブ導波路14、16の接続点における導波路アレイ15の導波路ピッチ Δx を20 μ m、 $\Delta \nu = 1$ GHz、 $\delta L = 1.49$ mm、 $N = 64$ と設定した。この設計値では、遅延を与える光周波数範囲Wが63GHz、最大遅延 τ が469psecとなり、遅延時間として930psec/nm (= 469psec/63GHz)が得られる。これは、60kmの1.3 μ m零分散光ファイバに1.55 μ mの光信号を伝搬させた場合の分散(15~16psec/km/nm)による波形歪みを相殺できることを示す。

【0031】なお、本実施例は、1.3 μ m零分散光ファイバに1.55 μ mの光信号を伝搬させたときの光分散等化回路であるために、導波路アレイ15で周波数が高い光ほど大きな遅延を与えるようになっている。一方、例えば1.55 μ m零分散光ファイバに1.3 μ mの光信号を伝搬させたときの光分散等化回路を構成するには、導波路アレイ15の各導波路の並びを逆にして周波数が低い光ほど大きな遅延を与えるようにすればよい。このように、導波路アレイ15のパターンを適宜設定するだけで、任意の伝搬遅延特性を実現することができるので、光分散

等化回路ばかりでなく任意の波長分散を有する疑似線路としても利用することができる。

【0032】また、図1に示すように、複数の入力導波路11および複数の出力導波路19を設けることにより、本回路1つで多チャンネルの光信号を同時に波形整形する光分散等化回路を実現することができる。

【0033】図2は、請求項2に記載の光分散等化回路の第一実施例構成を示す。図において、本実施例の光分散等化回路は、基板20上に形成した複数の入力導波路21、スラブ導波路22、導波路長差 ΔL を有する導波路アレイ23、スラブ導波路24、導波路長差 $\delta L/2$ を有する導波路アレイ25を順次接続し、導波路アレイ25の他端に高反射率終端26を配置した構成である。さらに、入力光ファイバ27および出力光ファイバ28が接続された光サークキュレータ29と入力導波路21とを接続用光ファイバ30で接続した構成である。ここで、高反射率終端26は、例えば光学研磨した導波路端面に金を蒸着することにより形成することができる。

【0034】本実施例の動作原理は、図1に示す実施例と基本的には同じである。入力光ファイバ27から光サークキュレータ29に入射した光信号は、接続用光ファイバ30を介して入力導波路21に入力される。スラブ導波路22、導波路アレイ23、スラブ導波路24からなるアレイ導波路回折格子は、上述したように、入力導波路21から入力された光信号を各周波数の光に分波し、導波路アレイ25の各導波路に導く光分波器として動作する。

【0035】導波路アレイ25は、図2(2)に示すように、各導波路が導波路長差 $\delta L/2$ で順次長くなっており、かつ導波路端に高反射率終端26が設けられている。したがって、各周波数に分波された光は、導波路アレイ25を往復することによって導波路長差 δL の導波路アレイを伝搬したのと等価になる。すなわち、導波路アレイ25および高反射率終端26は、図1に示す導波路アレイ15と同等の働きをすることになり、周波数が高い光ほど大きな遅延を与えることができる。

【0036】導波路アレイ25を往復してそれぞれ所定の遅延時間を与えられた各周波数の光は、再びスラブ導波路24に入力される。スラブ導波路24、導波路アレイ23およびスラブ導波路22からなるアレイ導波路回折格子は、復路の光に対して光合波器として動作し、各周波数の光は入力時と同じ入力導波路21に集光する。その後、光信号は接続用光ファイバ30を通り、光サークキュレータ29を介して出力用光ファイバ28から出力される。

【0037】以上説明したように、本実施例の構成においても、分波された各周波数の光に対して所定の伝搬遅延特性を実現する遅延時間を与え、光分散等化回路として動作させることができる。本実施例の特徴は、1つのアレイ導波路回折格子を双方向に使用し、光分波器およ

び光合波器の機能を同一の回路で実現したところにある。なお、本実施例の構成では光信号の入出力導波路が同じになるので、光サーキュレータ29を用いて入出力する光信号を分離する必要がある。

【0038】図3は、請求項3に記載の光分散等化回路の第一実施例構成（請求項6対応）を示す。図において、本実施例の光分散等化回路は、基板20上に形成した複数の入力導波路21、スラブ導波路22、導波路長差 ΔL を有する導波路アレイ23、スラブ導波路24、導波路長差 $\delta L/2$ を有する導波路アレイ25を順次接続し、導波路アレイ25の他端に結合率50%の方向性結合器31および高反射率終端26を接続した構成である。

【0039】なお、図2に示す実施例と同等の機能を果たすものは同一符号を付した。本実施例の特徴は、結合率50%の方向性結合器31および高反射率終端26を用いて導波路アレイ25の隣接する2本の導波路同士を接続したところにある。この構成では光信号の入出力導波路が異なるので、図2に示す実施例で不可欠であった光サーキュレータが不要となる。

【0040】以下、本実施例の動作原理について説明する。スラブ導波路22、導波路アレイ23、スラブ導波路24からなるアレイ導波路回折格子は、上述したように、 $\#i$ の入力導波路21から入力された光信号を各周波数の光に分波し、導波路アレイ25の各導波路に導く光分波器として動作する。

【0041】導波路アレイ25は、各導波路が導波路長差 $\delta L/2$ で順次長くなっている。また、その導波路端には隣接する2本の導波路同士を接続する結合率50%の方向性結合器31と高反射率終端26が設けられている。したがって、各周波数に分波された光は、結合率50%の方向性結合器31を通り高反射率終端26で反射した後、再び結合率50%の方向性結合器31を通るので、隣の導波路に100%結合することになる。すなわち、導波路アレイ25、方向性結合器31および高反射率終端26は、等価的に図3(2)に示す構成となる。これにより、隣接する2本の導波路に分波された光は、同じ2本の導波路を互いに逆回りに等距離を伝搬することになる。なお、隣接する2本の導波路を1組とすると、各組の導波路長差は $2\delta L$ となる。

【0042】また、スラブ導波路24から導波路アレイ25に、光周波数

$$\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_4, \dots, \nu_{N-1}, \nu_N$$

の順番に分波された光は、反射してスラブ導波路24に戻ってきたときには、

$$\nu_2, \nu_1, \nu_4, \nu_3, \dots, \nu_N, \nu_{N-1}$$

のように、1つおきに光周波数の順番が入れ替わった状態になっている。

【0043】順番が入れ替わった周波数の光同士（光ペア）は、上述したように反射して戻ってくる間に同じ導

波路長を伝搬し、かつ光ペア間に $2\delta L$ の導波路長差が生じるので、周波数が高い光ペアほど長い導波路を伝搬することになる。すなわち、2周波数単位で周波数が高い光ほど大きな遅延を与えることができる。

【0044】それぞれ所定の遅延時間を与えられた各周波数の光は、再びスラブ導波路24に入射される。ただし、その入射位置は出射位置と異なり、上述したように1つ繰り上がる光（ $\nu_2, \nu_4, \dots, \nu_N$ ）と、1つ繰り下がる光（ $\nu_1, \nu_3, \dots, \nu_{N-1}$ ）に分かれる。したがって、スラブ導波路24、導波路アレイ23およびスラブ導波路22からなるアレイ導波路回折格子は、復路の光に対して光合波器として動作するが、入射位置がずれるので各周波数の光は $\#i$ の入力導波路21には集光されない。一方の光（ $\nu_2, \nu_4, \dots, \nu_N$ ）は $\#i-1$ の入力導波路21に集光し、他方の光（ $\nu_1, \nu_3, \dots, \nu_{N-1}$ ）は $\#i+1$ の入力導波路21に集光してそれぞれ出力される。

【0045】このように、本実施例では、光信号の入力導波路（ $\#i$ ）の両側の入力導波路（ $\#i-1, \#i+1$ ）から、同じ遅延特性によって波形整形された光信号を出力させることができる。ただし、各出力光信号は、それぞれ周波数が1つおきになっている光を合波したものであるので光パワーが2分されるが、各周波数の光が伝搬する導波路長差を $2\delta L$ に設定しているので、図1、図2に示す実施例と同等の光分散等化回路となっている。なお、分波する光周波数間隔を半分にし、かつ導波路アレイ25の導波路長差 $\delta L/4$ （各周波数の光が伝搬する導波路長差 δL ）とすれば、光周波数が1つおきで粗くなっている問題を解決することができる。

【0046】また、図3に示す本実施例の構成において、導波路アレイ25の隣接する2本の導波路を1組としたときに、各組の導波路長差が $2\delta L$ となれば、必ずしも各導波路が導波路長差 $\delta L/2$ で順次長くなってなくてもよい。たとえば、図3(3)に等価的に示すように、1組の導波路長を等しくし、2本単位に導波路長差 δL で順次長くなるように構成しても同様である。

【0047】図4は、請求項3に記載の光分散等化回路の第二実施例構成を示す。図3に示す第一実施例構成では、隣接する導波路間の光結合を結合率50%の方向性結合器31と高反射率終端26で実現していたが、本実施例の構成では曲がり導波路32を用いることを特徴としている。その他の構成および機能は、第一実施例と同じである。なお、本実施例の構成においても、導波路アレイ25の各導波路は、導波路長差 $\delta L/2$ で順次長くなるようにするか、あるいは2本単位に導波路長差 δL で順次長くなるようにしても同様である。

【0048】図5は、請求項4に記載の光分散等化回路の第一実施例構成（請求項6対応）を示す。図3および図4に示す実施例構成では、光信号を入出力する導波路を分離させることはできるものの、波形整形を受けた光

信号は2つの導波路に分離されて出力され、光パワーが2分されてしまう。そこで、2分された光信号を再度1つの光信号に合波すればその問題は解決できる。図5に示す実施例は、それを実現したものである。

【0049】図において、入力導波路21、スラブ導波路22、導波路長差 ΔL を有する導波路アレイ23、スラブ導波路24、導波路長差 $\delta L/2$ を有する導波路アレイ25、結合率50%の方向性結合器31および高反射率終端26は、図3に示すものとまったく同じである。すなわち、光信号の入力導波路(＃i)の両側の入力導波路(＃i-1, 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 26

省略する。

【0058】図9は、請求項2に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項7対応）を示す。本実施例は、図2に示すスラブ導波路22、24を1つのスラブ導波路62で実現した構成である。その他の構成については、図2に示す各部と対応するものに同一符号を付した。すなわち、スラブ導波路62は、入力導波路21と導波路アレイ23との間ではスラブ導波路22として機能し、導波路アレイ23と導波路アレイ25との間ではスラブ導波路24として機能する構成である。動作原理は、図2に示す実施例と同じであるので説明は省略する。

【0059】図10は、請求項3に記載の光分散等化回路の第三実施例構成（請求項6、7対応）を示す。本実施例は、図3に示すスラブ導波路22、24を1つのスラブ導波路62で実現した構成である。その他の構成については、図3に示す各部と対応するものに同一符号を付した。すなわち、スラブ導波路62は、入力導波路21と導波路アレイ23との間ではスラブ導波路22として機能し、導波路アレイ23と導波路アレイ25との間ではスラブ導波路24として機能する構成である。動作原理は、図3に示す実施例と同じであるので説明は省略する。

【0060】図11は、請求項3に記載の光分散等化回路の第四実施例構成（請求項7対応）を示す。本実施例は、図4に示すスラブ導波路22、24を1つのスラブ導波路62で実現した構成である。その他の構成については、図4に示す各部と対応するものに同一符号を付した。動作原理は、図3、図4に示す実施例と同じであるので説明は省略する。

【0061】図12は、請求項4に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項6、7対応）を示す。本実施例は、図5に示すスラブ導波路22、24、42、44を1つのスラブ導波路63で実現した構成である。その他の構成については、図5に示す各部と対応するものに同一符号を付した。すなわち、スラブ導波路63は、入力導波路21（接続用導波路48）と導波路アレイ23との間ではスラブ導波路22として機能し、導波路アレイ23と導波路アレイ25との間ではスラブ導波路24として機能し、入力導波路41（接続用導波路48）と導波路アレイ43との間ではスラブ導波路42として機能し、導波路アレイ43と導波路アレイ45との間ではスラブ導波路44として機能する構成である。動作原理は、図5に示す実施例と同じであるので説明は省略する。

【0062】図13は、請求項5に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項6、7対応）を示す。本実施例は、図7に示すスラブ導波路51、52を1つのスラブ導波路64で実現した構成である。その他の構成については、図7に示す各部と対応するものに同一符号を

付した。すなわち、スラブ導波路64は、入力導波路21、41と導波路アレイ23（43）との間ではスラブ導波路51として機能し、導波路アレイ23（43）と導波路アレイ25、45との間ではスラブ導波路52として機能する構成である。動作原理は、図5、7に示す実施例と同じであるので説明は省略する。

【0063】なお、図12、図13に示す実施例において、結合率50%の方向性結合器31、46と高反射率終端26、47の代わりに、図4に示すような曲がり導波路32を用いることができる。また、導波路アレイ25、45のパターンについても、所定の伝搬遅延特性が得られるものであれば自由に選択することができる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、光合分波器として機能するアレイ導波路回折格子の設計値と、その間を結合する導波路アレイの導波路長差 δL を適当に選ぶことにより、任意の伝搬遅延特性を実現することができる。したがって、光信号を電気信号に変換することなく、光ファイバの分散による光信号の歪みを相殺することができる。

【0065】また、アレイ導波路回折格子による損失が原理的に小さく、さらに波長合分波特性を光周波数のオーダーで精度よく実現することができるので、大容量・長距離光通信に適用可能な光分散等化回路を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1に記載の光分散等化回路の第一実施例構成を示す図。

【図2】請求項2に記載の光分散等化回路の第一実施例構成を示す図。

【図3】請求項3に記載の光分散等化回路の第一実施例構成（請求項6対応）を示す図。

【図4】請求項3に記載の光分散等化回路の第二実施例構成を示す図。

【図5】請求項4に記載の光分散等化回路の第一実施例構成（請求項6対応）を示す図。

【図6】図5における導波路アレイ25と導波路アレイ45の関係を示す図。

【図7】請求項5に記載の光分散等化回路の第一実施例構成（請求項6対応）を示す図。

【図8】請求項1に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項7対応）を示す図。

【図9】請求項2に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項7対応）を示す図。

【図10】請求項3に記載の光分散等化回路の第三実施例構成（請求項6、7対応）を示す図。

【図11】請求項3に記載の光分散等化回路の第四実施例構成（請求項7対応）を示す図。

【図12】請求項4に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項6、7対応）を示す図。

15

16

【図13】請求項5に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項6，7対応）を示す図。

【図14】マイクロ波ストリップラインを用いた従来の光分散等化回路を示す図。

【図15】マイクロ波ストリップラインの伝達遅延特性を示すグラフ。

【符号の説明】

10，20 基板

11，21，41 入力導波路

12，14，16，18，22，24，42，44 スラブ導波路

13，15，17，23，25，43，45 導波路アレイ

19 出力導波路

26，47 高反射率終端

27 入力光ファイバ

28 出力光ファイバ

29 光サーキュレータ

30 接続用光ファイバ

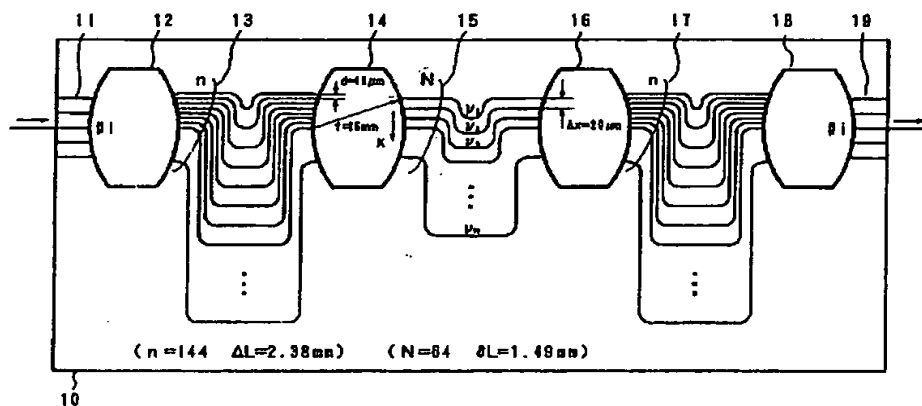
31，46 方向性結合器

48 接続用導波路

61，62，63，64 スラブ導波路

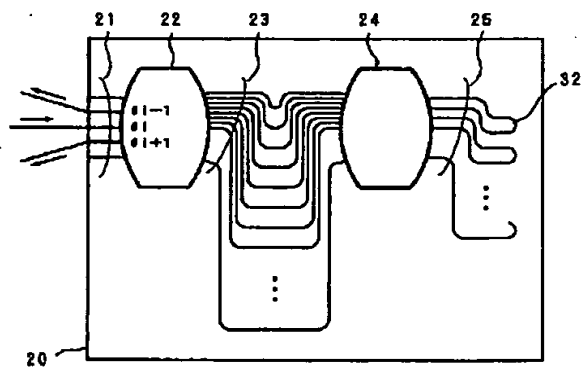
【図1】

請求項1に記載の光分散等化回路の第一実施例構成



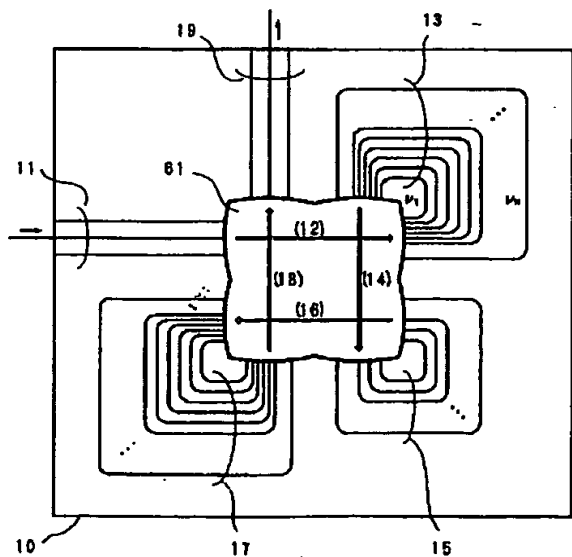
【図4】

請求項3に記載の光分散等化回路の第二実施例構成



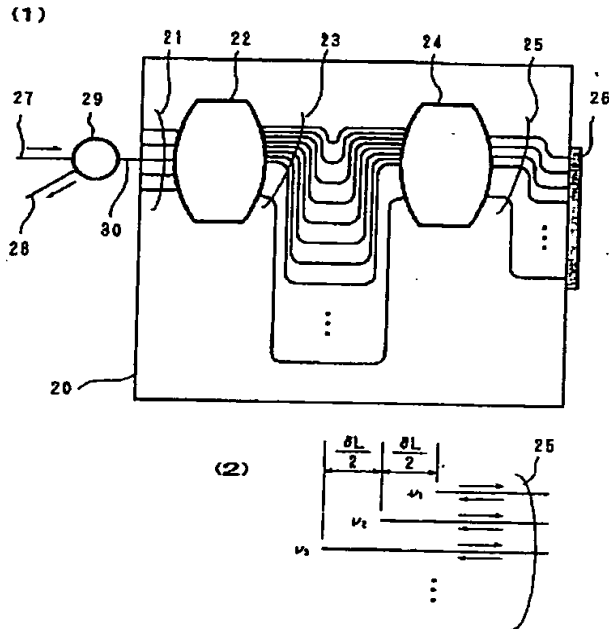
【図8】

請求項1に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項7対応）



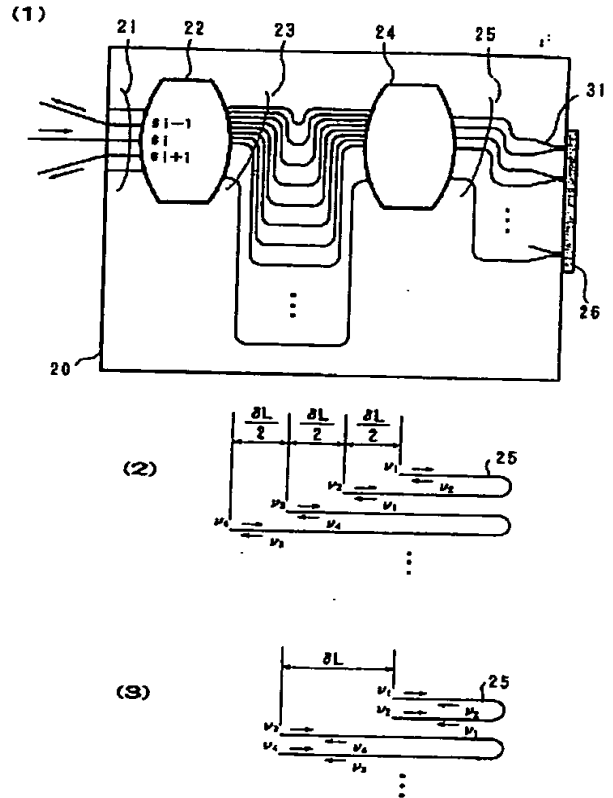
【図 2】

請求項 2 に記載の光分散等化回路の第一実施例構成



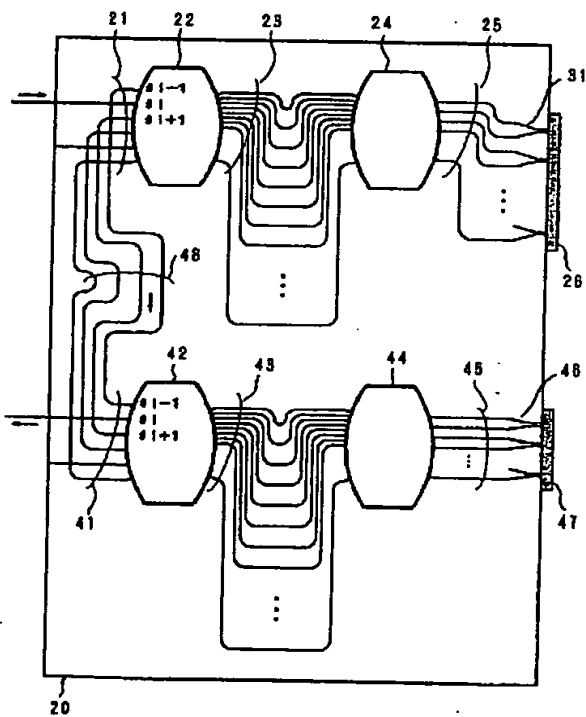
【図 3】

請求項 3 に記載の光分散等化回路の第一実施例構成 (請求項 6 対応)



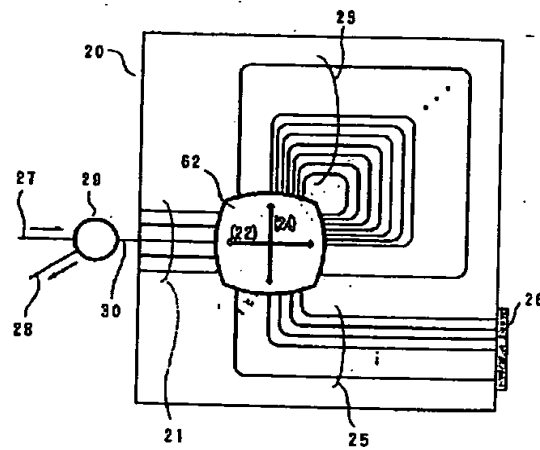
【図 5】

請求項 4 に記載の光分散等化回路の第一実施例構成 (請求項 6 対応)



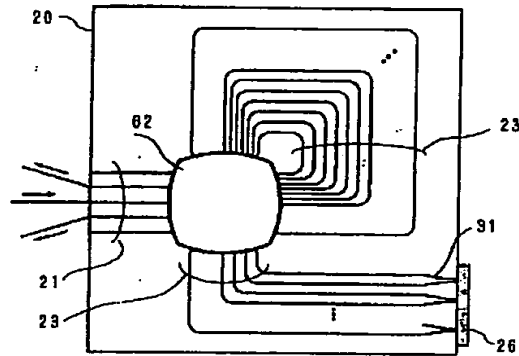
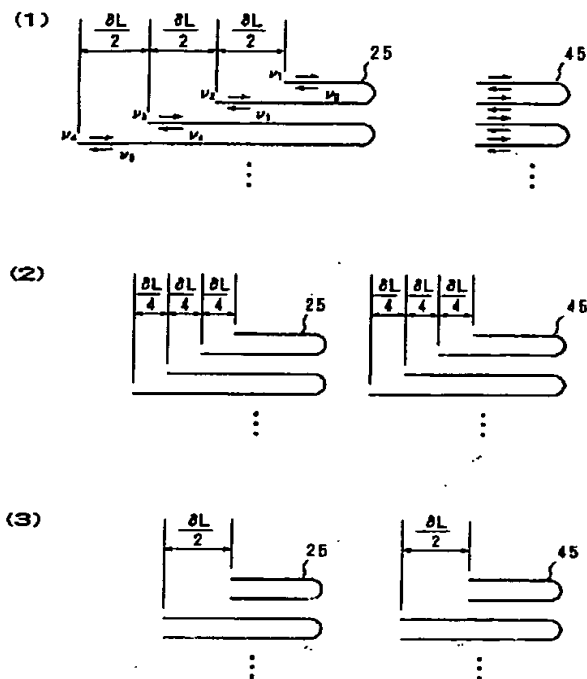
【図 9】

請求項 2 に記載の光分散等化回路の第一実施例構成 (請求項 7 対応)



【図 10】

請求項 3 に記載の充分散毒化回路の第三実施例構成 (請求項 6, 7 対応)



【図 15】

Figure 1 is a line graph showing the relationship between the total length L (in cm) and the frequency f (in GHz) for a quarter-wave resonator. The y-axis is labeled "总长度 L (cm)" and ranges from 0 to 300. The x-axis is labeled "周波数 f (GHz)" and ranges from 0 to 20. Three curves are plotted, corresponding to different values of L :

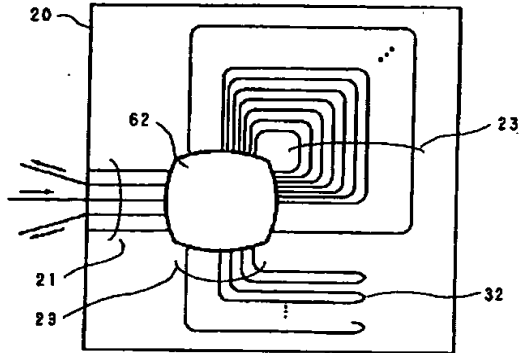
- $L = 21$ cm: This curve starts at (0,0) and increases most steeply, reaching approximately 260 cm at 20 GHz.
- $L = 10.5$ cm: This curve starts at (0,0) and increases with a moderate slope, reaching approximately 140 cm at 20 GHz.
- $L = 6$ cm: This curve starts at (0,0) and increases with the shallowest slope, reaching approximately 80 cm at 20 GHz.

The graph illustrates that for a given frequency, the total length L increases as the frequency f increases, and the rate of increase is higher for larger values of L .

【图 7】

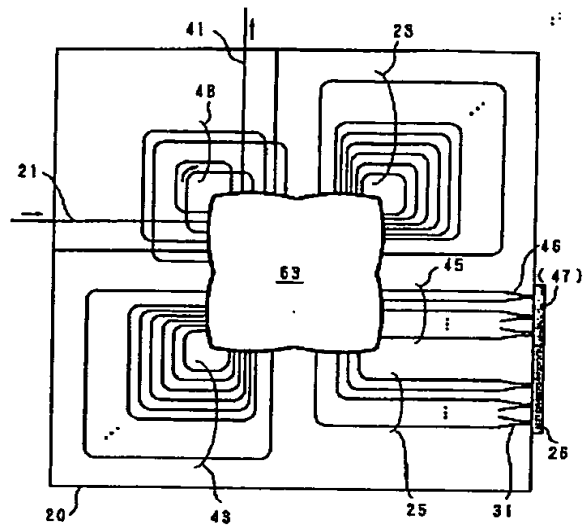
【図11】

請求項3に記載の光分散等化回路の第一実施例構成（請求項7対応）



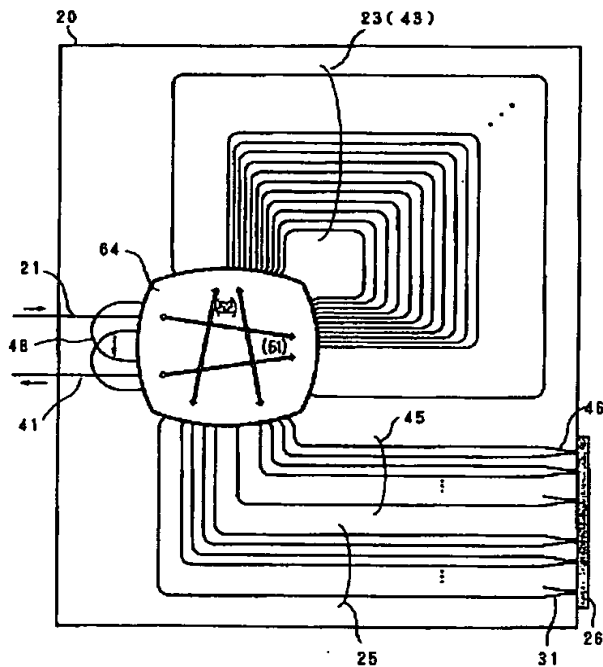
【図12】

請求項4に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項6、7対応）



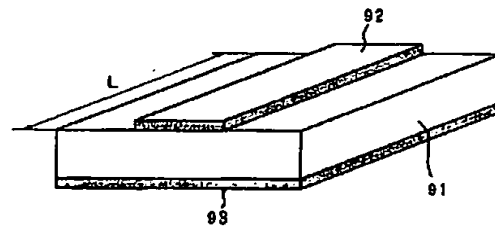
【図13】

請求項5に記載の光分散等化回路の第二実施例構成（請求項6、7対応）



【図14】

マイクロ波ストリップラインを用いた従来の光分散等化回路



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.